

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЯЮЩИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ОТНОСИТЕЛЬНО РЕАЛЬНОГО ПОТОКА ОТКАЗОВ

¹Смельчакова Г.А., ¹Антимиров В.М.

¹ОАО «НПО автоматики» им. Н.А. Семихатова, Екатеринбург, Россия (620075, Екатеринбург, ул. Мамина Сибиряка, 145), e-mail: npoa-332-3322@yandex.ru

В статье рассматривается задача выбора оптимального по критерию надежности варианта архитектуры управляющей вычислительной системы, являющейся основой системы автоматического управления объектом ракетно-космической техники, предназначенной для работы в экстремальных условиях. Отмечается целесообразность использования методов имитационного моделирования для оценки надежности таких систем и, в частности, методики оценки надежности системы в условиях неопределенности относительно реального потока отказов компонентов системы. Приводится пример реализации автоматизированной системы оценки надежности управляющих вычислительных систем, разработанной на базе методики.

Ключевые слова: система автоматизации проектирования, проектирование, надежность, управляющая вычислительная система

AUTOMATED SYSTEM FOR RELIABILITY ESTIMATION OF COMPUTER SYSTEM IN THE CONDITION OF SYSTEM FAILURE RATES UNCERTAINTY

¹Smelchakova G.A., ¹Antomirov V.M.

¹Development and Production Center of Automation named after academician N.A. Semikhatov, Ekaterinburg, Russia (620075, Ekaterinburg, street Mamina Sibirjaka, 145), e-mail: npoa-332-3322@yandex.ru

The problem of research and choosing onboard computer system variant that is intended for space-rocket hardware and robot systems as being the optimum relative to its reliability is considered in the article. The tendency of architecture increasing complexity and the necessity of use the simulation methods to estimate the parameters of reliability are noted. An automated system for reliability estimation of computer system in the condition of system failure rates uncertainty is considered.

Key words: automation system design, design, reliability, architecture, computing system

Введение

Одним из приоритетных направлений технической политики РФ является разработка систем автоматического управления (САУ) гражданского и оборонного назначения, которые применяются для решения широкого спектра задач управления изделиями и объектами ракетно-космической техники (РКТ). Эффективность САУ во многом и в основном определяется составом задач, решаемых управляющей вычислительной системой (УВС), входящей в состав САУ, поэтому задача выбора оптимального варианта архитектуры УВС существенно определяет эффективность работы САУ в целом.

Одним из принципиальных моментов создания и применения УВС является обеспечение работоспособности САУ при воздействии разнообразных неблагоприятных для радиоэлектронной аппаратуры факторов: механических нагрузок в виде ударов и широкополосной вибрации, тепловых, электромагнитных и ионизирующих излучений.

Решение этой задачи ограничивает номенклатуру микроэлектронных компонентов, возможных для построения УВС, приводит к необходимости развития средств защиты САУ от внешних воздействий, в том числе средств нейтрализации отказов (параметрических и катастрофических) в работе вычислительных средств САУ, обеспечению высокого уровня динамичности и гибкости архитектуры УВС.

Современная тенденция усложнения архитектуры УВС [1] затрудняет оценку надежности такой системы. Решение по выбору оптимального варианта архитектуры УВС усложняется тем, что выбор должен приниматься в условиях неопределенности относительно реального потока отказов аппаратуры в процессе эксплуатации, с учетом изменения длительности этапов хранения и основной работы, с учетом возможных направленных противодействий, неопределенных по моментам и длительностям воздействия.

Целью работы является изучение методов оценки надежности архитектуры УВС в условиях неопределенности относительно реального потока отказов аппаратуры, автоматизация процесса анализа вариантов архитектуры УВС и выбора оптимального варианта с точки зрения надежности.

Методы решения задачи обоснования архитектуры УВС

В первых поколениях УВС САУ объектами РКТ (до середины 90-х годов, см. [2]) задача обоснования архитектуры УВС на этапе проектирования решалась в рамках типовой процедуры аналитической расчетной оценки показателей надежности системы [3 – 5] без учета сложной логики функционирования и процессов восстановления работоспособности УВС при сбоях аппаратуры. При выполнении этой процедуры оцениваются показатели безотказной работы системы или ее отдельных компонентов для подтверждения соответствия требованиям технических заданий. Выбрать оптимальный вариант архитектуры современной УВС методами аналитической оценки эффективности системы оказывается невозможным из-за сложности решения систем дифференциальных уравнений, которыми описывается поведение системы с нейтрализацией отказов и перераспределением имеющихся ресурсов между задачами повышения надежности и производительности системы с учетом фактического состояния исправности и быстродействия входящих в систему модулей. Использование автоматизированных средств расчета показателей надежности сложных технических систем (производства ANSYS Inc., Relx software Corporation, МИЭМ-ASKsoft, ОАО "СПИК СЗМА" и др. [7]) оказывается неприемлемым.

Поиск методов исследования приводит к целесообразности использования метода имитационного моделирования, в частности, инженерной методики исследования и выбора оптимального варианта архитектуры УВС в условиях неопределенности относительно интенсивностей отказов компонентов системы [6] для решения задачи обоснования архитектуры УВС. Согласно методике исследуемый вариант архитектуры УВС представляется в виде формализованной модели: формализации подлежат алгоритмы функционирования системы в части возникновения отказов аппаратуры, восстановлений работоспособности компонентов системы и реконфигурации. Обобщенным критерием сравнения вариантов архитектуры УВС является отношение вероятностей отказов вариантов архитектуры в заданном интервале времени работы. Переход к отношению вероятностей отказа позволяет исключить ошибки, связанные с недостоверностью знаний о реальном потоке отказов компонентов системы, продолжительности работы, и выбрать область предпочтения вариантов при изменении остальных параметров рассматриваемых систем. [6]

Автоматизированная система оценки надежности УВС

На базе методики [6] разработано программное обеспечение (ПО), позволяющее автоматизировать процесс анализа вариантов архитектуры УВС и выбора оптимального варианта с точки зрения надежности в условиях неопределенности относительно реального потока отказов аппаратуры.

В состав ПО входят:

- средства задания формальной модели архитектуры УВС;
- средства компиляции формальной модели архитектуры УВС;
- средства проведения вычислительного эксперимента;
- средства верификации модели;
- средства представления результатов анализа вариантов архитектуры УВС;
- средства визуализации.

Исследуемый вариант архитектуры УВС представляется в виде формальной модели. Формализации подлежат алгоритмы функционирования системы при возникновении отказов компонентов, процедуры восстановлений и реконфигураций (действия, определенные моментом времени, в результате которых производится изменение состояний компонентов системы).

Для преобразования формальной модели архитектуры УВС в программную модель разработан специализированный язык описания УВС, в состав которого введены следующие

понятия: переменная, действие, критерий отказа, критерий восстановления, условие-действие.

Действием называется последовательность команд пользовательского языка. Переменной – параметр системы. Пользовательский язык включает в себя операторы для определения состояния компонентов системы и значения переменных, выражения (которые могут быть вычислены), команды ветвлений и переходов. Критерий отказа и критерий восстановления определяют действия при возникновении отказа в системе. В критерии отказа действие производится мгновенно (длительность действия не учитывается при моделировании). Критерий восстановления вызывается после критерия отказа, длительность действия критерия восстановления учитывается при моделировании. Условие-действие определяет действие, которое необходимо совершить в определенный момент времени.

Переменные предназначены для использования внутри действий, задания интенсивностей отказов компонентов системы, определения условий выполнения критериев отказов и восстановлений. Они делятся на локальные и глобальные. Глобальные переменные характеризуются диапазоном значений, локальные переменные – начальным значением, типом данных (могут быть определены как целые, вещественные и случайные, равномерно распределенные в интервале от 0 до 1, числа). Значения глобальных переменных перебираются при оценке вероятности отказа исследуемого варианта архитектуры. Применение переменных системы при описании действий позволяет учесть не только текущее состояние системы, но и историю возникновения отказов и реконфигураций системы.

Компонент УВС определяется уникальным именем, с помощью которого возможно задать его состояние («работоспособен» или «отказал»). Каждый компонент системы характеризуется интенсивностью отказов, которая задается как выражение с участием локальных и глобальных переменных.

Описание формальной модели УВС хранится в текстовом файле. Файл имеет структурированный вид и выполнен как стандартный INI-файл.

ПО предоставляет средства для задания формальной модели УВС. Интерфейс пользователя ПО показан на рисунке 1.

Для выполнения вычислительного эксперимента применена концепция дискретно-событийного моделирования. В процессе работы имитируются отказы компонентов системы и реакции системы на отказы, проводятся процедуры восстановления с учетом длительности

восстановления, проводятся изменения системы в зависимости от текущего значения времени. Система обязательно переводится в нерабочее состояние.

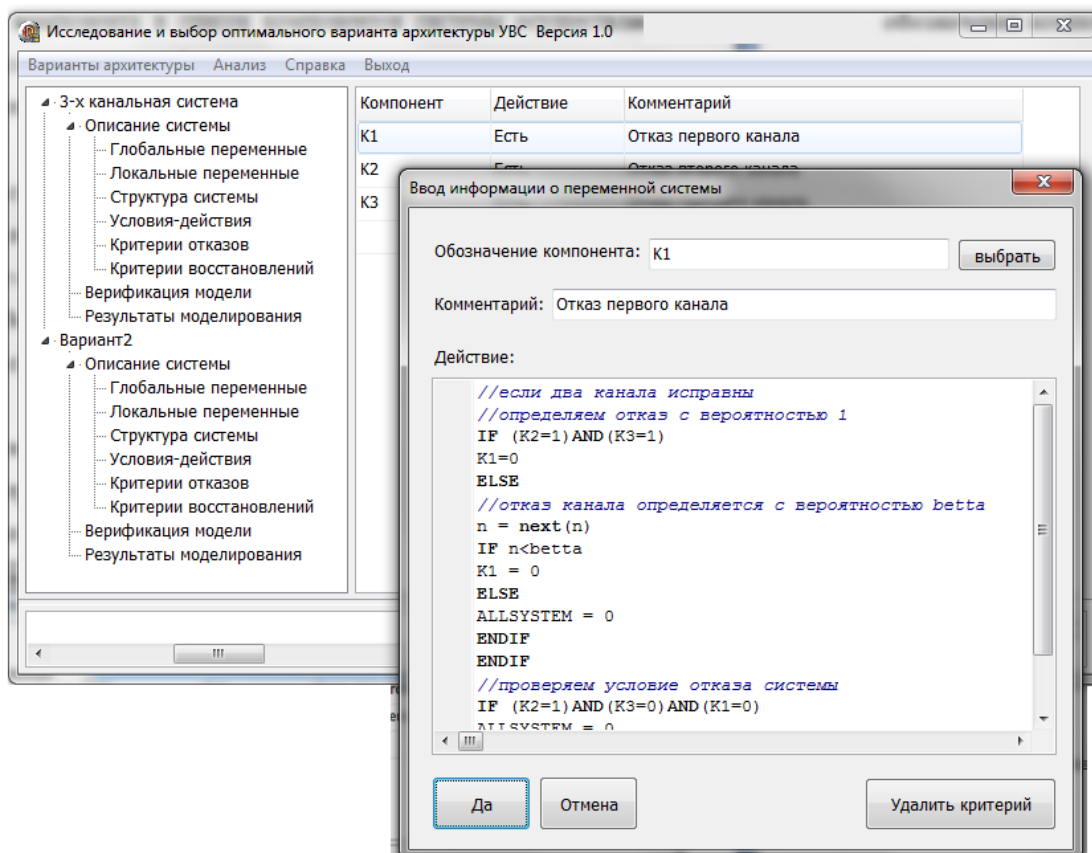


Рисунок 1. Интерфейс пользователя ПО

Средства верификации модели, реализованные в ПО, позволяют проверить адекватность модели путем проведения управляемого эксперимента. В этом случае пользователь сам определяет последовательность событий в системе и контролирует состояние компонентов систем в каждом выбранном действии. Если реакция системы на событие не соответствует ожидаемой, пользователь может внести изменения в формальную модель и повторить процесс верификации модели.

Интерфейс пользователя ПО в режиме управляемого эксперимента показан на рисунке 2.

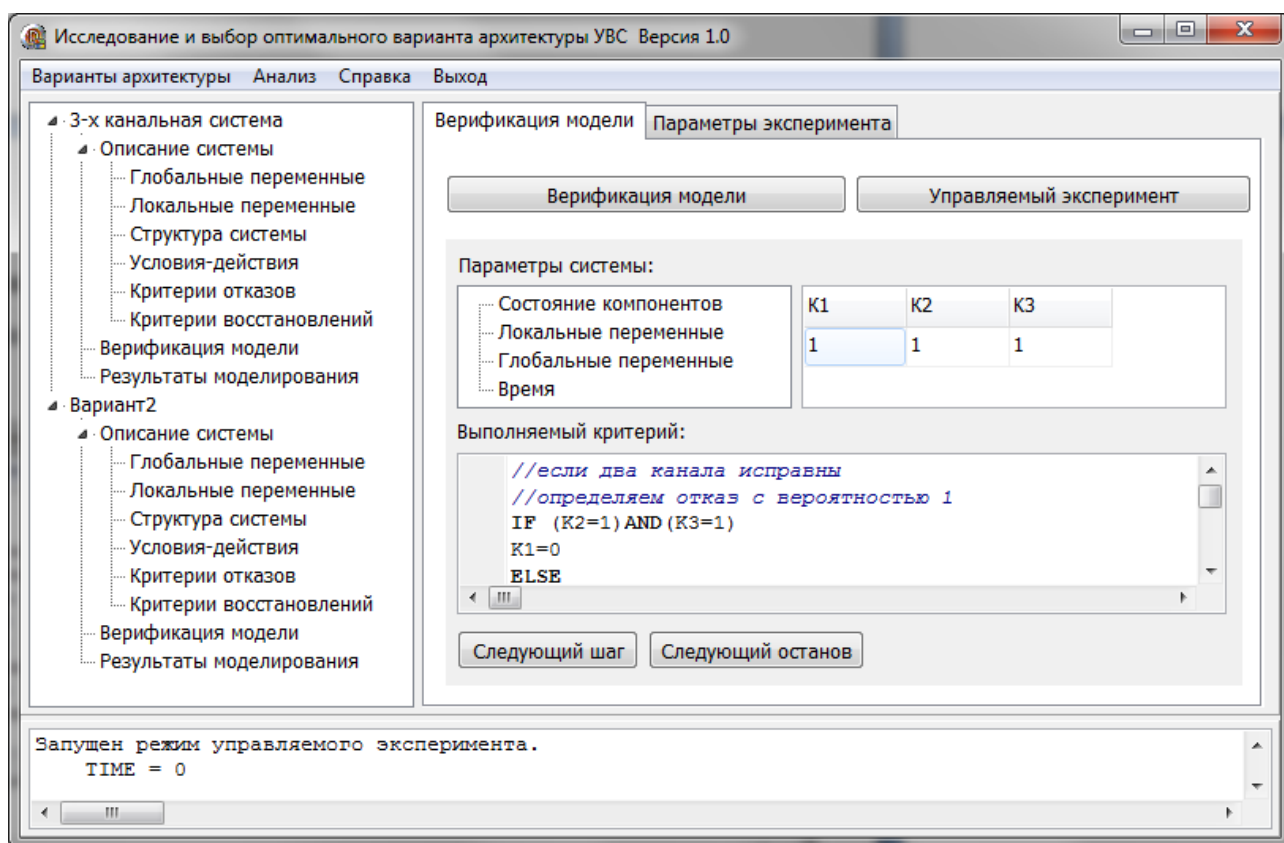


Рисунок 2. Интерфейс пользователя ПО в режиме управляемого эксперимента

Решение о целесообразности использования варианта архитектуры УВС (выбор оптимального варианта) принимается на основании вычисленных отношений вероятностей отказов. Если отношение величин больше 1, исследуемый вариант системы выигрывает по надежности относительно базового.

Тестирование работоспособности ПО проводилось моделированием известных структур УВС, оценка надежности которых возможна аналитическими методами (резервированных систем, систем со средствами контроля и восстановления). По результатам моделирования получены значения вероятности отказа с допустимой погрешностью. Величина погрешности обусловлена числом экспериментов. При моделировании УВС со сложной логикой функционирования, не поддающихся анализу аналитическими методами, были получены прогнозируемые результаты.

Схема автоматизированного метода оценки надежности УВС

Схема автоматизированного метода оценки надежности вариантов архитектуры УВС с использованием разработанного ПО показан на рисунке 3.

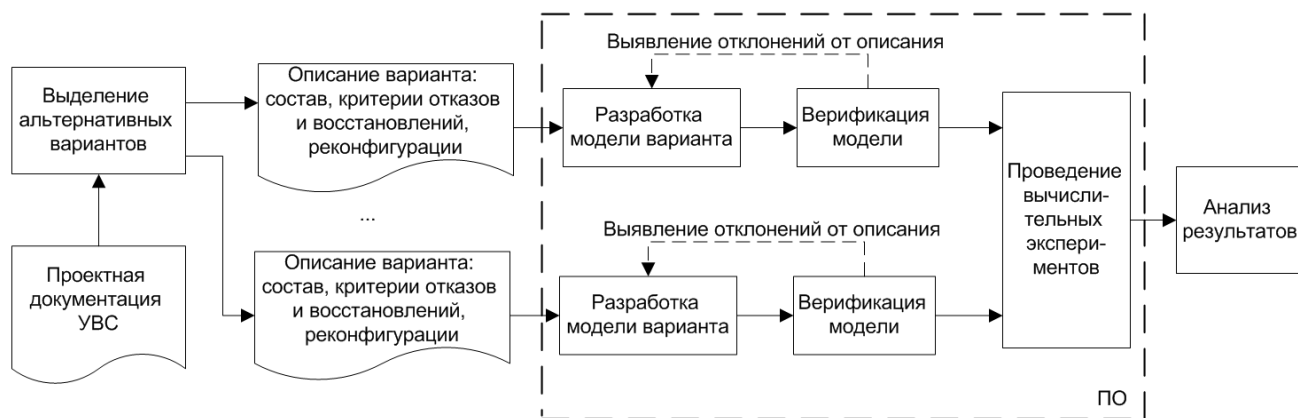


Рисунок 3. Схема автоматизированного метода оценки надежности УВС

Заключение

Разработанная автоматизированная система оценки управляющих вычислительных систем в условиях неопределенности относительно реального потока отказов аппаратуры позволяет решить следующие задачи на этапе проектирования архитектуры УВС:

- сравнительный анализ архитектуры системы и ее компонентов с обоснованием выбора оптимального варианта по критерию надежности;
- выбор путей повышения эффективности проектируемой УВС.

Разработанная система применяется специалистами ОАО "НПО автоматики" при проектировании перспективных бортовых цифровых вычислительных систем.

Список литературы

1. Антимиров В.М. Бортовые цифровые вычислительные системы семейства «Малахит» для работы в экстремальных условиях // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. — Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т, 2013. — №4 (42). — С. 19–27.
2. Антимиров В.М. Поколения УВС // Вопросы атомной науки и техники. Научно-технический сборник. — М.: ФГУП НИИП, 2012. — Вып. 2. — С. 38–48.
3. Ушаков И.А. Надежность технических систем. Справочник. — М.: Радио и связь, 1985. — 608 с.
4. Острейковский В.А. Теория надежности: Уч. для вузов. — М.: Высш. шк., 2003. — 463с.
5. Половко А.М. Основы теории надежности. — Спб.: БХВ-Петербург, 2006. — 560с.

6. Антимиров В.М. Инженерная методика исследования и выбора оптимального варианта архитектуры управляющей вычислительной системы в условиях неопределенности относительно интенсивности отказов // Естественные и технические науки. — М.: Спутник+, 2014. — №4 (72) — С. 125–132.
7. Строгонов А. Обзор программных комплексов по расчету надежности сложных технических систем [Электронный ресурс] // Компоненты и технологии: сайт. — URL: http://www.kit-e.ru/articles/device/2007_5_183.php (дата обращения 10.12.2014).